

Informe sobre el **Proyecto Arquitectónico, de Ingeniería de Sonido, Diseño de Equipamiento, Supervisión de la Construcción y Puesta en Funcionamiento dellos módulos 1 y 3 del Laboratorio Audiovisual "Margot Benacerraf" de la Facultad de Humanidades y Educación**:

Módulo 1- Estudio de Grabación y Postproducción de Sonido Estéreo

Módulo 3- Estudio de Cine y Tv, Grabación de Sonido y Mezcla 5.1, y Postproducción de Audio y Video

Trabajo de ascenso para optar al escalafón de Profesor Asociado, Cátedra de Taller de Cine, Departamento de Artes Cinematográficas, Escuela de Artes, Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad Central de Venezuela presentado por el Prof. Rafael Marziano Tinoco.

Caracas, Julio del año 2011

INDICE

1. Introducción

La Arquitectura es Luz y Silencio

Louis Kahan[1]

La vivencia del espacio, incluyendo la percepción del espacio, no es un fenómeno estrictamente visual, es un hecho psicológico y una experiencia vivencial que sucede a dos niveles:

Uno abstracto, porque se produce cuando la mente reconstruye una imagen del mundo en su interior aun cuando esa imagen no sea necesariamente coherente, en todos sus aspectos, con el mundo "real", descriptible científicamente, mensurable. "Real", entre comillas, porque lo que llamamos el mundo real es también una imagen mental que hemos construido a partir de la información que creemos tener de él, y a partir de las teorías que los científicos han elaborado para describirlo.

Uno concreto, porque el yo, identificado con el cuerpo - y con sus dimensiones y alcances - se siente, vive, aún ajeno a toda conciencia del concepto del espacio, siempre ubicado en él, nunca fuera de él.

De igual modo que nos es imposible - ni de una manera abstracta, ni mucho menos, de una concreta- imaginar nuestra existencia, ninguna existencia, fuera del tiempo, del mismo modo no podemos concebirla fuera del espacio. El espacio y el tiempo son nuestras condiciones de existencia, todos nuestros procesos existenciales suceden dentro del espacio y del tiempo, nunca fuera de ellos.[2]

Estamos familiarizados principalmente con una percepción del espacio a partir de la de lo que vemos. Desde el siglo XIV hemos comprendido las leyes geométricas que relacionan la imagen vista con el objeto tridimensional en el espacio que produce en nosotros esta imagen[3]. Estamos menos

---

[1] RONEER, Heinz, JAHVERI, Sharad, VASELLA, Alessandro: *Louis Kahn, Complete Work* 1935-1974. Institute for the History and Theory of Architecture.The Swiss Federal Institute of Technology, Zurich. Stuttgart, 1977

[2] MARZIANO, Rafael: (A) *Cwarta Metafora* (*La cuarta Metáfora)*. Kwartalnik Filmowy (publicación trimestral de cine de la Academia Polaca de la Ciencia, Nº 11, Varsovia, Otoño de 1995 pp 136-154. Se puede leer en línea en *http://www.archive.org/stream/LaCuartaMetfora#page/n0/mode/2up*

[3] El uso de la perspectiva cónica fue desarrollado a principios del Renacimiento por pintores y arquitectos. Las reglas para el uso de la perspectiva cónica en la geometría proyectiva fueron finalmente establecidas por Filippo Bruneleschi.

conscientes, sin embargo, de que existe una percepción del espacio construida a partir de lo que oímos.

Los murciélagos, los guácharos, los delfines y las ballenas, animales cavernarios, nocturnos o marinos para quienes la visión resulta de muy poca utilidad, construyen su imagen mental del mundo a partir de la percepción del sonido reflejado, algo que el ser humano recién hace unos cien años comenzó a usar de una manera sistemática[4]. Del mismo modo los ciegos tienen una muy clara vivencia del espacio, pero en su caso, la precepción y mensura del espacio es sonora y corporal como se nos muestra en *Land des Schweigensund der Dunkelheit*, (HERZOG, Werner, 1971)[5]. En este sentido, los invidentes están más conscientes que el resto de las personas de la importancia sonora de la percepción del espacio, porque para ellos ésta es la más importante, como nos lo relata el protagonista de *Ray* (HACKFORD, Taylor, 2004)[6].De hecho, para los invidentes el sonido es lo que ellos sienten como "dimensión", en los términos de "tamaño", "extensión" y "distancia". Más aún: así como la percepción visual del espacio proviene de la imagen mental que surge luego del procesamiento de información que resulta de la superposición de dos imágenes que componen la imagen estereoscópica(las cuales percibimos porque alguna luz ha incidido en algo, ha sido refractada y parcialmente absorbida en alguna de sus frecuencias, develando así los colores y las texturas de los objetos iluminados), así la percepción sonora del espacio es la construcción de una imagen mental compuesta a partir del procesamiento de información producto de la superposición de dos sonidos que componen la señal estereofónica, sonidos que se han reflejado, han sido refractados, han sido parcialmente absorbidos en alguna de sus frecuencias, develando así, al ser percibidos por el escucha, la textura y la dureza de sus superficies, y las proporciones del espacio en donde el sonido ha sido producido. Basta con un sencillo experimento: cerrar los ojos y escuchar; escuchar el espacio.

[4] El sonar o sónar (del inglés SONAR, acrónimo de SoundNavigation And Ranging, 'navegación por sonido') es una técnica que usa la propagación del sonido bajo el agua (principalmente) para navegar, comunicarse o detectar objetos sumergidos […] el uso [de la «ecolocalización»] por parte de humanos fue registrado por vez primera por Leonardo Da Vinci en 1490. Se decía que se usaba un tubo metido en el agua para detectar barcos, poniendo un oído en su extremo. En el siglo XIX se usaron campanas subacuáticas como complemento a los faros para avisar del peligro a los marineros. […]El uso de sonido para la «ecolocalización» submarina parece haber sido impulsado por el desastre del *Titanic* en 1912. La primera patente del mundo sobre un dispositivo de este tipo fue concedida por la Oficina Británica de Patentes al meteorólogo inglés Lewis Richardson un mes después del hundimiento del *Titanic* , y el físico alemán Alexander Behm obtuvo otra por un resonador en 1913. El canadiense ReginaldFessenden construyó un sistema experimental en 1914 que podía detectar un iceberg a dos millas de distancia, si bien era incapaz de determinar en qué dirección se hallaba. Fuente: *http://es.wikipedia.org/wiki/Sonar* Consulta: Junio 2011.

[5] *http://www.imdb.com/title/tt0067324/* Consulta: Junio 2011.

[6] *http://www.imdb.com/title/tt0350258/* Consulta: Junio 2011

El sonido es la "luz" de este espacio sonoro[7]. El eco, la experiencia sonora de la distancia. Su versión íntima, la reverberación, es la experiencia sonora del espacio interior. Esta no solo nos describe la forma de un espacio, sino su textura. La dureza o molicie de sus superficies y el material del cual están hechas determinan el tiempo que dura la reverberación y el timbre del sonido que se refleja una y otra vez hasta desaparecer. Por ello reconocemos la diferencia entre el sonido de un espacio grande y el de uno pequeño, y esto se debe a que la reverberación varía en función del volumen del espacio. Reconocemos también, por último, la diferencia entre un sonido cercano y otro lejano, no solo por la intensidad del sonido sino por su timbre. Así como poseemos un sentido innato de perspectiva visual, aquel que relaciona objetos pequeños y saturados de azul con objetos lejanos, y objetos grandes y sin saturación de azul con objetos cercanos, poseemos también un sentido innato de perspectiva sonora, con la que relacionamos sonidos débiles con fuentes lejanas de sonido, y sonidos fuertes con fuentes cercanas de sonido, y de igual forma estamos acostumbrados a oír principalmente, sin estar conscientes de ello, las frecuencias bajas de los sonidos provenientes de fuentes lejanas y todo el rango de frecuencias de los sonidos provenientes de fuentes cercanas[8]. La teoría de la música ha tratado la perspectiva sonora como un problema y un recurso estético. Ansermet escribe:

> L´effet réductif de la perspective auditive nous est totalmente inconnu, c´est parce que nous percevons les structures positionelles et spatiales a travers les sons, et c´est a la sonorité propre aux sons des diverses hauturs qu´est due l´apparente égalité des memes intervalles diverses aux divers niveaux d´octaves. La sonorité des sons positionels, c´est-a-dire leur "intensité de présence" dépend, on le sait, de l´"amplitude" de l´onde atmosphérique transmise a l´oreille. Dans l´espace réel, cette intensité de présence qualifie le son comme "forte" ou "faible" - qualification objetive - ou bien comme "proche" ou "lontaine" - qualification subjetive, car le son ne peut la tenir que de la conscience, celle-ci etant conscience d´espace. L´acte musical étant entieremente subjetivf et dirigé non pastant sur le sons comme tels que sur les images spatio-tempoelles qu´ilsfont apparaitre, les signification de l´intensité doivent y prendre commes toutes les aoutres un caractere subjetif. C´est pouquoi le forte et le piano y signifient, avant tout, le proche et le lointain (tel est le sens, en général, de piano au forte), reprend ses droits, remarqueons-le, chaque fois qu´elle faiblesse d´une chose objectivée par la musique: un "theme" , la voixd´unpersonage - le CommandeurouMélisande- le vent, l´orage…[9]

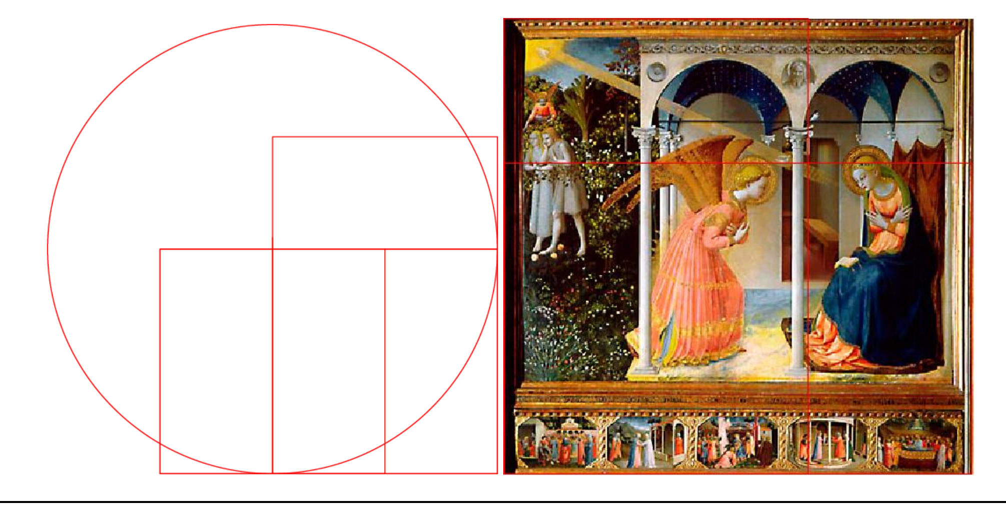
[7]ANSERMET. Ernest: *Les fundamentes de la musiquedans la consciencehumaine, et autresecrits*. Edition Robert Laffert, S.A., Paris, 1989. ISBN: 2-221-02815-1 p. 375

[8] La perspectiva cromática visual se debe al hecho de percibir la lejanía azulada, debido a la degradación de rayos ultravioleta invisibles, de mayor energía, en luz azul visible de energía menor, producida por las grandes masas de aire que absorben parte de la energía de la radiación cuando ésta pasa por la atmósfera. Estas masas de aire son las que nos separan de los objetos lejanos y es este fenómeno lo que "tiñe" las imágenes que de ellos percibimos. Un efecto equivalente existe en la percepción auditiva. Los sonidos - compuestos por un espectro de diversos tonos de mayor y menor frecuencia - pierden parte de su energía al pasar por una gran masa de aire. Por una parte, disminuye su amplitud - a más lejano, menos amplio, es decir, menos presión sonora nos llega del sonido original - por otra, disminuye la amplitud de las frecuencias menos energéticas. En el sonido, las frecuencias altas poseen menos energía que las frecuencias bajas, por ello se desvanecen más rápidamente en la distancia. De un sonido lejano percibiremos más sus frecuencias bajas que sus altas. Esto lo tenemos codificado inconscientemente y nos ayuda en la percepción de la perspectiva sonora.

[9]ANSERMET. Ernest: Op. Cit. p. 373 [El efecto de la perspectiva auditiva y el la función de la sonoridad. El efecto reductivo de la perspectiva sonora nos es totalmente desconocido, dado que nosotros percibimos las estructuras de posición y espaciales a través del sonido, y porque es debido a la sonoridad propia de los sonidos de distintas alturas la aparente igualdad de los mismos intervalos a distintos niveles de octavas. La sonoridad de posición de los

Por ello existen tanto en la teoría de la música como en la teoría del sonido -incluyendo la del sonido para cine- los conceptos de Encuadre (Plano Sonoro) y de Aumento (Detalle), que tienen sus equivalentes en la imagen cinematográfica. El Plano Sonoro equivale al Plano Cinematográfico -Plano General, Plano Lleno, Plano Medio, etc.- y tiene un significado de cercanía o lejanía del objeto sonoro: el sonido lejano tiene una amplitud menor que el sonido cercano. El Aumento equivale a resaltar un sonido lejano modificando su amplitud -intensidad- artificialmente para otorgarle una atención especial por parte del escucha, de un modo equivalente a lo que hace un teleobjetivo que acerca al espectador la imagen de un objeto lejano para acentuar la atención del espectador sobre él.

Cuando pretendemos elaborar una representación ilusoria del espacio, se trate de un espacio real -arquitectónico- o imaginario -como en la pintura, el cine o la música- ésta actúa en el espectador o escucha a dos niveles. Uno sensorial, perceptivo, efectista, y luego como consecuencia del primero otro, ilusorio, metafórico, significante. Esto último se logra cuando el espectador se involucra subjetivamente en la interpretación -consciente, aunque la mayor parte de las veces inconsciente- de lo que ve o de lo que oye, añadiendo datos de su propia experiencia a la lectura o interpretación emocional de lo que percibe. En este momento el espectador se convierte, como afirma Cano[10], en un cómplice del autor, de la misma manera que al observar un cuadro el espectador lo llena de significado cuando el autor le da la oportunidad de hacerlo. Einsenstein menciona el ejemplo de *La Anunciación* (FRA ANGELICO, 1430-1432)



sonidos, es decir, la "intensidad de presencia" depende, como se ha dicho, de la amplitud de la onda atmosférica transmitida al oído. En el espacio real, esta intensidad de presencia califica a un sonido como "fuerte" o "débil"- calificación objetiva - o bien como "próximo" o "lejano" - calificación subjetiva, puesto no se puede estar consciente del sonido sin estar consciente del espacio . El acto musical deviene enteramente subjetivo, y dirigido no tanto hacia los sonidos, sino hacia las imágenes espacio-temporales que hace aparecer, el significado de la intensidad deberá adquirir como todos los demás, un carácter subjetivo. Es por ellos que el *forte* y el *piano* significan sobre todo lo *próximo* y lo *lejano* (ese es el sentido, en general, de *piano* y de *forte*) retoman su derecho, se reafirma, cada vez que se trata de una cosa objetivada por la música: un tema, la voz de un personaje - El Comendador o Melisanda - el viento…]

[10]VILCHES, Lorenzo, y otros: *Taller de escritura de Cine*.Gedisa 1998. P.LL. Cano p. 74-76

En el punto de importancia superior derecho es donde se interceptan las líneas que dividen en proporción armónica la composición. A la izquierda de ese punto está la cabeza del arcángel Gabriel, a la derecha, la de la Virgen María. En el punto, el más importante de la composición, no hay nada. Es la palabra de Dios, transmitida por al arcángel a María, que el espectador llena con su interpretación[11]. El Barroco fue, quizás, el primer movimiento que de una manera sistemática exploró el valor ilusorio y metafórico de la percepción visual del espacio cuando, por ejemplo, incluye el horizonte en el diseño de los *Jardines de Versalles* (LE NOTRE,1661-1687) -el poder absoluto del jerarca llega hasta los confines del mundo-



o cuando anuncia la existencia del mundo celestial justo sobre el mundo temporal -vigilándolo y de algún modo, también, dándole esperanza- en el techo de la *Iglesia de San Ignacio*, en Roma (POZZO, Andrea , 1685),



[11]MARZIANO, Rafael: (B) *Apuntes de Realización Cinematográfica* p.11
http://archive.org/stream/ApuntesDeRealizacionCinematografica/ApuntesDeRealizacinCinematogrfica#page/n0/mode/2up

cuando muestra perspectivas inexistentes tras la escena del *Teatro Olímpico* de Vicenza (PALLADIO, Andrea, 1580),



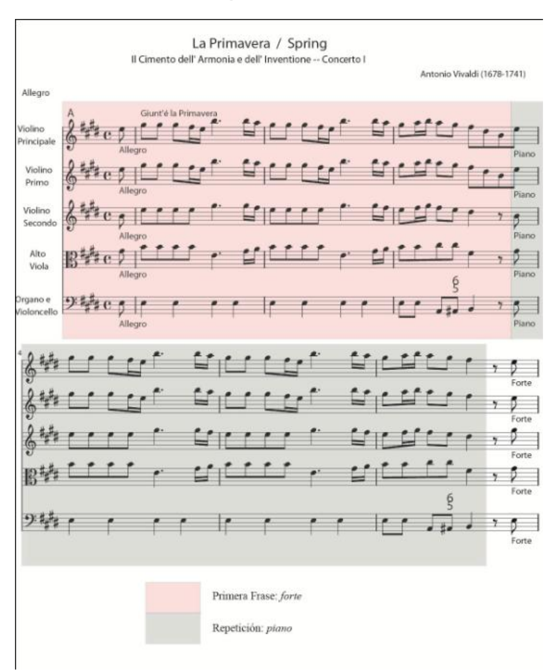
cuando sugiere el movimiento de la fachada - en realidad estática, de piedra - en las iglesias de Borromini,



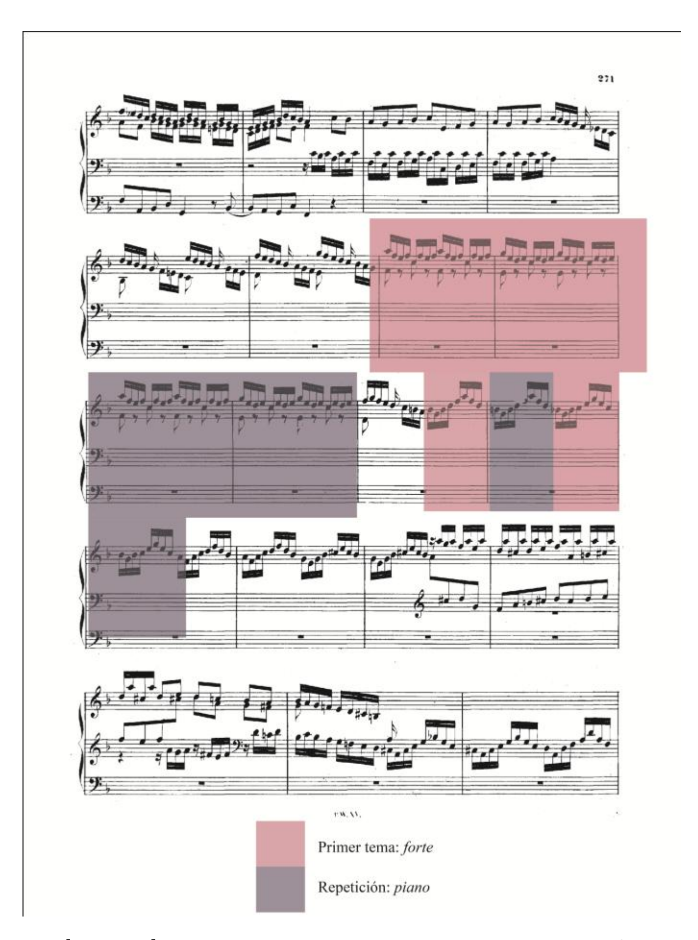
o cuando monumentaliza, aun más, el poder terrenal de la Iglesia Católica engrandeciendo ilusoriamente la ya enorme fachada de la Basílica de San Pedro (Carlo Maderno,1603) al empequeñecer paulatinamente la altura de la *Columnata* de la Piazzeta (BERNINI, Gian Lorenzo, 1629).



Asimismo, el Barroco explora el valor ilusorio y metafórico de la percepción *sonora* del espacio cuando con la sucesión de dos frases "en terraza", una en *forte* y la otra en *piano*, a veces con distinto timbre, sugiere dos voces, una cercana, originaria, otra lejana, el eco: un espacio inexistente en el mundo real cuya imagen, abstracta e ilusoria, ha sido sugerida por un eco estrictamente musical.



VIVALDI, Antonio (1678-1741): Il cimmento dell´Armonia e dell´Inventione
Concerto I, Primavera (Las cuatro estaciones, Primavera), primeros compases.



BACH, Johann Sebastian: Toccata y Fuga en Re menor BWV0565. Fuga.

En el filme *La Diligencia* (FORD, John, 1939)[12]. El sonido -el silencio- del espacio abierto en la pradera, sin reverberación es un mundo. El espacio confinado de Kansas, ruidoso, reverberante, otro. Los colonos se refugian en el ruido de Kansas, porque temen el silencio de las praderas que oculta la amenaza de los indios. Esto es más evidente en *2001: A Space Odyssey* (KUBRICK, Stanley, 1968)[13] donde se oye el sonido interno, reverberante de la nave -más reverberante aún cuando el astronauta trata infructuosamente de conversar con Hal, el computador, cuando está en la nave auxiliar de servicio, más pequeña y encerrada- mientras afuera reina la ausencia de sonido del espacio vacío. Kubrick fue el primer director de una película de anticipación en representar los planos generales de las naves -en el espacio exterior- totalmente en silencio. En *A Night to Remember* (1958)[14], el sonido de ruidos y catástrofes que reverbera en la superficie metálica del barco que se hunde es el horror de las víctimas. El sonido sin reverberación del barco hundiéndose con sus pasajeros a lo lejos, es el de quienes sobreviven.

[12] *http://www.imdb.com/title/tt0031971/*Consulta Junio 2011
[13] *http://www.imdb.com/title/tt0062622/* Consulta Junio 2011
[14] *http://www.imdb.com/title/tt0051994/*Consulta: Junio 2011

En *Stalker* (TARKOVSKI, Andrei, 1979)[15] El periodista lanza una roca a un pozo. Aquí sigue el consejo de Pudovkin[16] en el sentido de que es mejor cuando se oye lo que no se ve, y se ve lo que no se oye. El sonido de la piedra al caer delata una insólita profundidad. Lo efectista es el sonido, el tiempo que tarda en oírse la caída de la piedra en el fondo. Lo ilusorio, lo metafórico, la extrañeza que nos provoca un pozo tan insólitamente profundo, otra señal de la rareza de la "zona" a donde los ha llevado el *Stalker* (El Guía). En *Andrei Rublev* (TARKOVISKI, Andrei, 1966)[17] el sonido de la campana recién fundida que se extiende ante el asombro de todos hasta la lejanía, rebotando entre las colinas, redime la vida del pintor.

La música popular, más libre, más inconsciente, ha experimentado aún más allá:

> [Jimmy] Page está acreditado como uno de los artífices de hacer llegar al estudio nuevas técnicas de grabación, que desarrolló durante su etapa en Led Zeppelin. A comienzos de la década de los '60, los productores musicales británicos solían emplazar los micrófonos justo delante de la batería y de los amplificadores, lo que originaba un sonido ligeramente defectuoso apreciable en muchas grabaciones de aquella década. Page comentó en una entrevista a la revista Guitar World que los sonidos de la batería en aquella época sonaban como cajas de cartón. En cambio, Page apoyaba las técnicas de grabación de la década de los '50, especialmente las desarrolladas en el estudio Sun. En la misma entrevista a Guitar World, Page dijo que el proceso de grabación solía ser una ciencia, y que los ingenieros tenían un lema: distancia igual a profundidad. Llevando este lema al límite, a Page se le ocurrió la idea de colocar un micrófono adicional a una determinada distancia del amplificador y grabar después en equilibrio con los dos. Al adoptar esta técnica, Page se convirtió en uno de los primeros productores británicos en grabar el sonido de ambiente de una banda.
>
> Para la grabación de varias canciones de Led Zeppelin, como "Whole Lotta Love" o "You Shook Me", Page empleó la técnica de la reverberación, que se cree fue empleada por primera vez por Page durante su paso por TheYardbirds, más concretamente en la grabación del tema "Ten Little Indians". Consiste en escuchar el eco antes del sonido original, en lugar de escucharla después, obtenido colocando la pista grabada del eco antes de la pista del sonido original durante el proceso de grabación y mezclado de la canción. Para este efecto también colocaba micrófonos al fondo de la sala de grabación para que el sonido llegara más débil, creando así nuevas atmósferas musicales. Además, en la grabación de "When the Leeve Breaks" colocó la batería de Bonham en el hueco de una escalera, y en "Since I've Been Loving You" se puede incluso escuchar el chirrido del pedal del bombo de la batería por lo cerca que estaba el micrófono de ella.[18]

Epstein, el ingeniero de sonido de los Beatles, por su parte, utilizó grabaciones de platillos invertidas en *Strawberry Fields Forever* (LENNON John, McCARTNEY Paul, 1967) y cintas de órgano invertidas en *Being for the Benefit of Mr. Kite!* (LENNON John, McCARTNEY Paul, 1967). La reverberación colocada antes del sonido que la produce, en Page, o la incorporación de pistas yendo hacia atrás en Epstein implican voltear, perceptivamente, la flecha del tiempo, burlarse de la entropía[19], al hacernos advertir el efecto antes que la causa. Aquí hay algo de ciencia ficción, o mejor, algo de ciencia.

---

[15] *http://www.imdb.com/title/tt0079944/*Consulta: Junio 2011

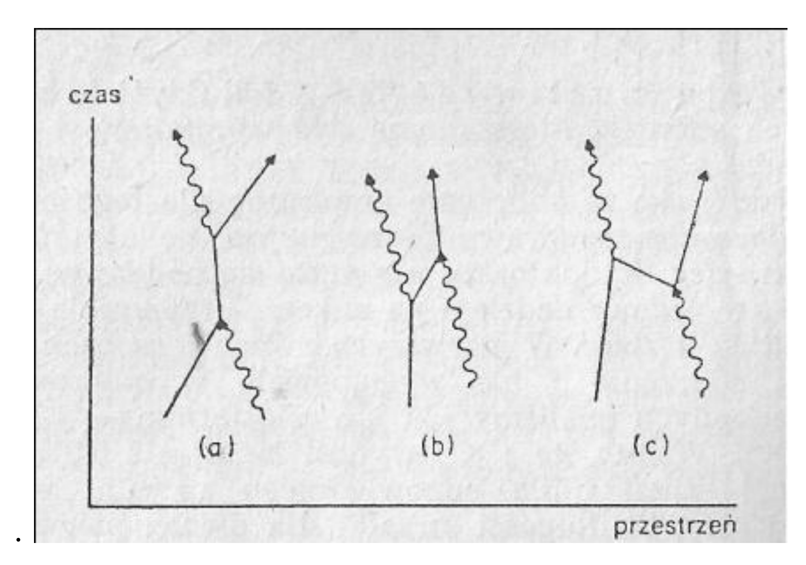
[16] Pudovkin, V. I.: *Asincronismo como fundamento del sonido de cine,* 1929. *http://lavender.fortunecity.com/hawkslane/575/asynchronism.htm* Consulta: Junio 2011

[17] *http://www.imdb.com/title/tt0060107/*Consulta: Junio 2011

[18] *http://es.wikipedia.org/wiki/Jimmy_Page* Consulta Junio 2011

[19] MARZIANO, Rafael: /(B)p. 17

R.P.Feynman explica cómo es posible que ciertas partículas retrocedan en el tiempo durante ciertas reacciones[20]:



.

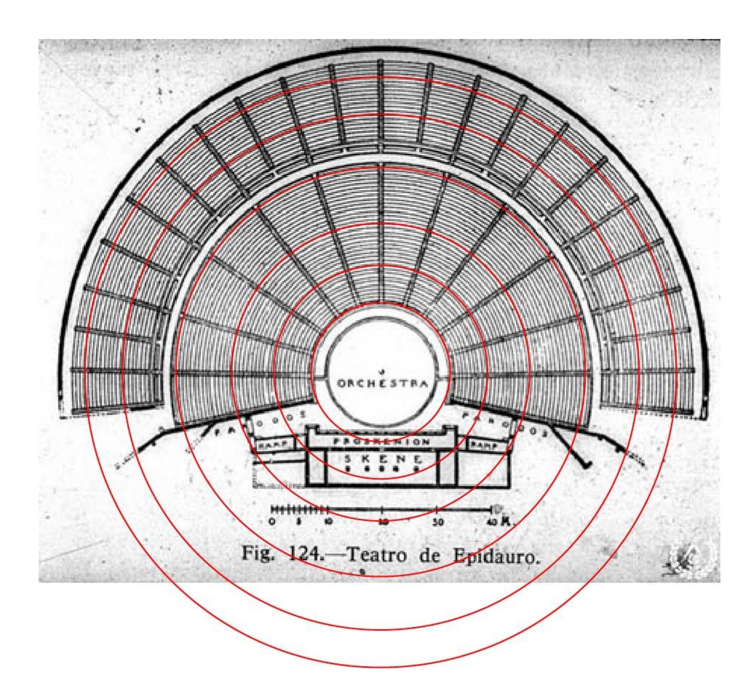
(Eje x, espacio. Eje y, tiempo) . En la difusión de la luz nos encontramos con el foton (trazo ondulado) cayendo a un electrón (trazo recto) y con un electrón emitiendo un fotón, aunque no necesariamente en este orden, como se ve en el dibujo (b). El ejemplo (c) presenta una extraña, aunque real posibilidad: el electrón emite un fotón, retrocede en el tiempo para absorber un fotón y luego vuelve a moverse hacia adelante en el tiempo.

Pero también hay algo de metafísica. Florenski explica cómo bajo ciertas circunstancias, algunas de ellas incluso conocidas por todos, el alma experimenta primero las consecuencias, y luego los causas.[21]

Entonces, el uso de la reverberación -la manipulación del sonido reverberante- puede convertirse y en efecto así sucede, en un medio expresivo con enormes posibilidades y consecuencias estéticas tanto en la grabación musical como en la grabación y postproducción de sonido cinematográfico. Pero también es uno de los mayores, si no el mayor de los problemas que afrontan los ingenieros acústicos. En efecto, la ingeniería de sonido, o más bien la ingeniería acústica comienza como una ciencia con WallanceClémentSabine(1868-1919)[22], quien dirigió la cátedra Hillings de matemáticas y filosofía de la universidad de Harvard. Diseñó la acústica de la sala de conferencias del Museo de Arte Fogg, una sala que tenía una gran reverberación, lo que la hacía prácticamente inútil para sus fines. Sabin colocó materiales absorbentes y paneles, y logró así una reverberación aceptable. Sin embargo, la arquitectura

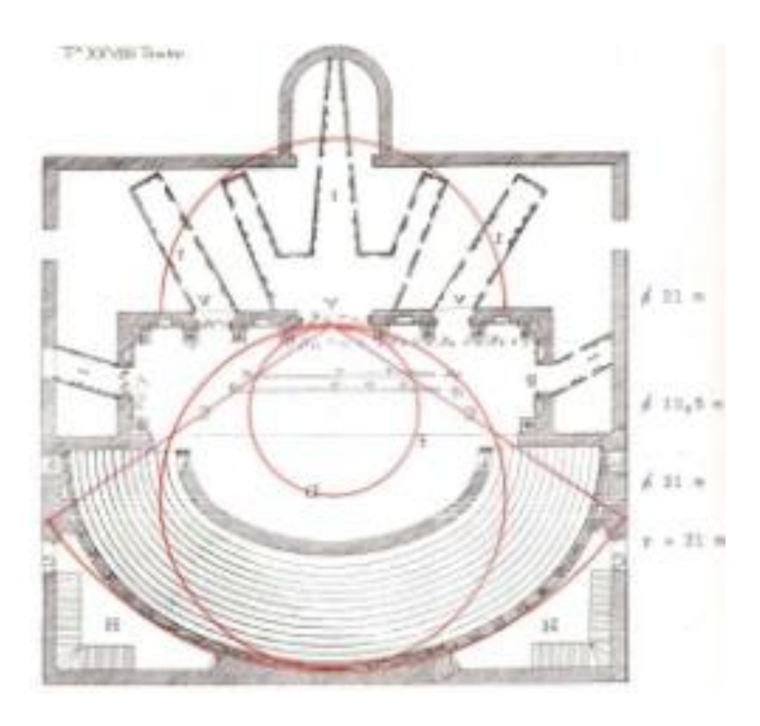
[20] FEYNMAN, Richard P.: QED *The Strange Theory of Light and Matter. QED Osobliwateoriaswiatla I materii*.PanstwowyinstituytWydawniczy, Warszawa, 1992. p. 102
[21] FLORENSKI, Pawel: *Iconostas i inne szkice (Ikonostas y otros bocetos)* InstitutWydawniczyPax, Warszawa, 1984. p. 98
[22] PIERCE, John: *Los Sonidos de la Música*. Scientific American Books. 1983. Prensa Científica, S. A. Barcelona, 1985. p 141

ha producido desde la antigüedad espacios que requieren diseño sonoro. Los griegos resolvieron de manera intuitiva, utilizando métodos geométricos, el problema de la acústica de los teatros.



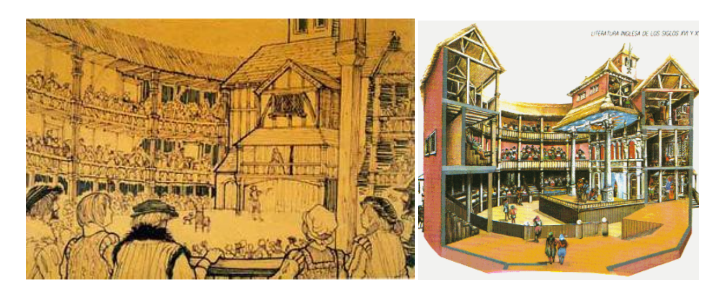
Teatro de Epidauro: el diseño de las gradas coincide con la proyección de la onda sonora.

Sabían que el sonido se desplaza en el aire siguiendo la forma de una esfera que se expande. Conocían también la reflexión del sonido y el eco. Los teatros griegos, desprovistos de paredes y de techo, y donde el público con sus cuerpos y sus vestimentas absorbían la presión sonora proveniente de la escena, y que de esta forma nunca llegaba a las gradas de piedra, carecían casi por completo de reverberación. El Tirano de Siracusa ordenó construir una cárcel en forma de espiral, imitando la figura de una oreja. Podía sentarse en su "tímpano" y escuchar con sorprendente claridad los susurros con los que sus enemigos -encarcelados por órdenes suyas- conspiraban contra él. A partir del Renacimiento el esquema del teatro griego fue añadido al esquema tradicional del teatro medieval



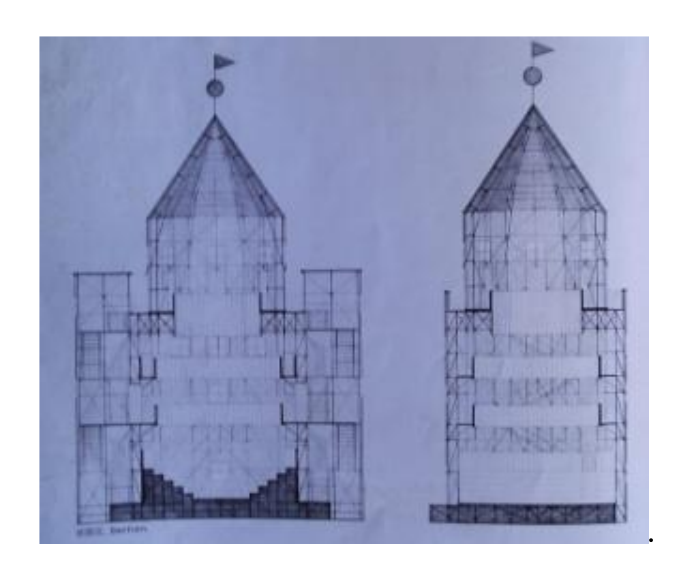
PALLADIO Andrea: Teatro Olímpico, 1580

que al principio improvisaba espectáculos en el patio interno de edificios para luego construir teatros repitiendo la forma de patios internos con galerías alrededor.



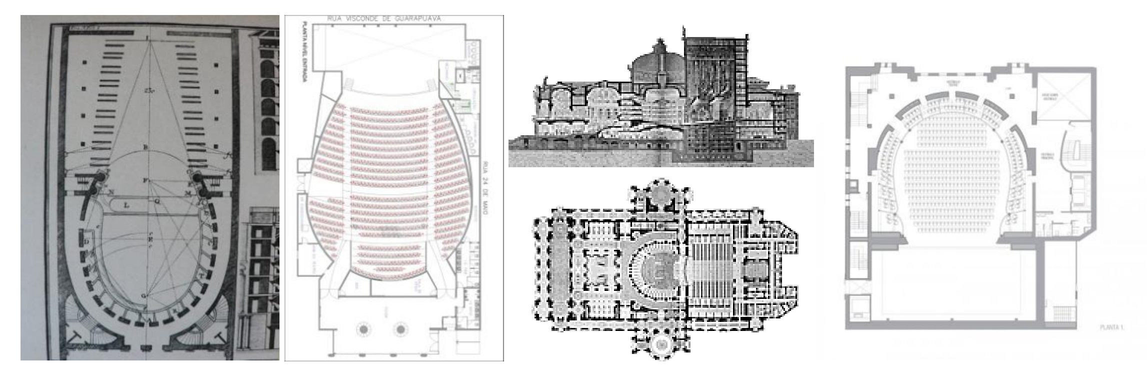
Desde entonces el público más privilegiado se sienta en el "Patio" mientras los demás se conforman con observar desde las "Galerías" y los "Balcones", un esquema que en el siglo XX rememoró -junto al de los teatros navegantes venecianos del siglo XVIII- Aldo Rossi con su Teatro del Mundo[23]:

[23] El "Teatro del Mundo" fue diseñado para el Bienal de Venecia en 1979. La idea era evocar los teatros flotantes, tan característicos de Venecia y sus carnavales en el siglo XVIII. Se construyó en un astillero, se remolcó por mar a su sitio en el medio del agua, donde permaneció durante la Bienal.



ROSSI, A.: Teatro del Mundo, Venezia, 1979

El diseño acústico siguió siendo empírico, intuitivo y geométrico. Varios diseños fueron utilizados para intentar repartir el sonido en las salas de la manera más eficiente, sobre todo el de planta elipsoidal, que colocaba en uno de los focos de la elipse a la orquesta, los cantantes, actores o solistas, esperando que el sonido, una vez concentrado en el segundo foco, siguiera su camino reforzando el sonido original por toda la sala:



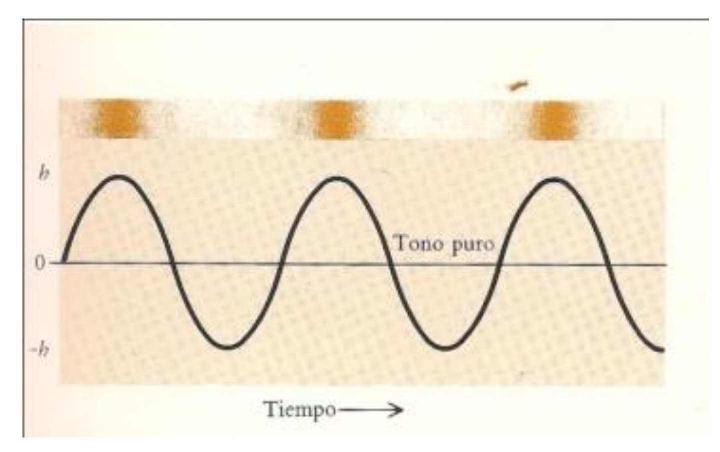
Teatro de la isla de Leon, Bails, Benito.
Teatro BomJesus
GARNIER, Charles, *Teatro de la Ópera de París*, 1875
ACEBAL, Alfredo, *Teatro Campos Elíseos*, Bilbao,1902

Pero todo melómano sabe que los todos los teatros tradicionales han tenido siempre lugares privilegiados y lugares "sordos" u opacos. Los tapices, las alfombras, los cortinajes y las butacas tapizadas atenuaron en mayor o menor medida la reverberación indeseable. Wagner diseñó su propio teatro, pero lo hizo persiguiendo principalmente lograr recursos escenográficos y visuales para sus montajes. Fue Sabine el primero que abordó los problemas del diseño acústico desde una posición

científica positivista. Identificó por primera vez los factores que inciden en la reverberación: el volumen del espacio y el nivel de absorción de energía sonora de las superficies que limitan el espacio. Propuso la primera fórmula para calcular el tiempo de reverberación de un espacio (fórmula aún en uso y válida en ciertas circunstancias). En su honor, la unidad de absorción acústica utilizada para definir el coeficiente de absorción de cada material fue bautizada con su nombre. Para comprender el significado de su trabajo y el de sus sucesores es necesario manejar ciertos conceptos básicos de la física del sonido.

El sonido es la sensación que produce en el sentido del oído la variación cíclica de presión transmitida por un medio elástico - generalmente el aire.

La variación de presión del aire, llamada presión sonora, al igual que la variación de presión de todo medio elástico que transmite una presión inicial aplicada a dicho medio, varía siguiendo una curva sinusoidal.[24]



donde b es la presión máxima, -b es la presión mínima, y 0 es la presión del medio - aire - sin la presencia de sonido.
donde

$$P=f(t)$$

P= presión que oscila entre b y -b
t=tiempo
f es una función que involucra una función trigonométrica Sin(α) donde el valor α está a su vez en función del tiempo

Se define por frecuencia (f) al número de ciclos de dicha función por unidad de tiempo (segundo) y a λ la longitud de la onda en centímetros, los cuales están relacionados con la velocidad del sonido (c) en centímetros por segundo, en un determinado medio, por

$$c= \lambda f$$

La presión ejercida por la onda sonora es la presión instantánea - por encima o por debajo de la presión sin sonido. Se define como presión sonora (o presión sonora efectiva)la raíz cuadrada de la

[24] PIERCE, John: Op. Cit. p. 41

presión instantánea medida sobre un ciclo completo de vibración tomando como centro un determinado punto en el tiempo. Se mide en dinas por centímetro cuadrado. La presión sonora en una onda de sonido esférica cae inversamente en proporción a la distancia de la fuente de sonido.[25]

La intensidad de un sonido, en una dirección determinada en un punto determinado es la energía transmitida por la onda sonora por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se expresa en ergios por segundo por centímetro cuadrado. Está en relación con la altura de los valores de la función P. A medida que el valor b sea mayor, mayor será la amplitud de la onda y más intenso será el sonido de la fuente. La intensidad de un sonido en un determinado punto se mide en decibeles (dB) los cuales están definidos siguiendo una escala logarítmica multiplicado por 10, de manera que, puesto que log2x10=3, con un aumento de 3 decibeles advertimos una duplicación de la intensidad del sonido.

Una escala ilustra en dB el nivel de ruido al cual estamos expuestos en la vida cotidiana.

Fuente o descripción del ruido	Nivel en dBA
Umbral del dolor	130
Martillazo sobre plancha metálica (a 60 cm)	114
Remachadora (a 10 mts)	97
Fábricas y Talleres	50-75
Tráfico en una calle concurrida	68
Conversación normal (a 1 m)	65
Estación de ferrocarril	55-65
Terminal aérea	55-65
Estadio	55
Gran oficina	60-65
Oficina de Fábrica	60-63
Gran almacén comercial	50-60
Tienda mediana	45-60
Restaurante y Comedores	45-55
Oficina mediana	45-55
Automóvil a 80km/h	45-50
Garaje	55
Tienda pequeña	45-55
Hotel	42

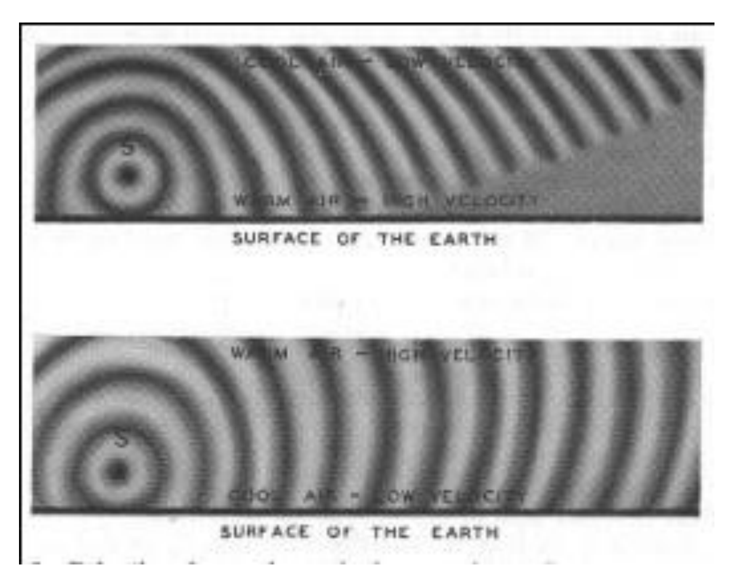
[25] OLSON, Harry F. *Music, Physics an Engineering (Music engineering)* Dover Publication Inc. New York, 1967, 2nd Edition, p. 10

Apartamento	42
Casa en una gran ciudad	40
Casa en el campo	30
Cine Vacio	25-35
Sala de Conciertos vacía	25-35
Iglesia vacía	25-35
Auditorio vacío	25-35
Estudio de radio sin público	20-25
Estudio de televisión sin público	25-35
Estudio de televisión con público	30-40
Escenario de un estudio de cine sonoro	20-35
Estudio de grabación	20-30
Murmullo medio	15-20
Murmullo silencioso (a 1m)	10-15
Umbral de audición	0-5

[26](*Fuente: PIERCE, John. Op. Cit p.109.)*

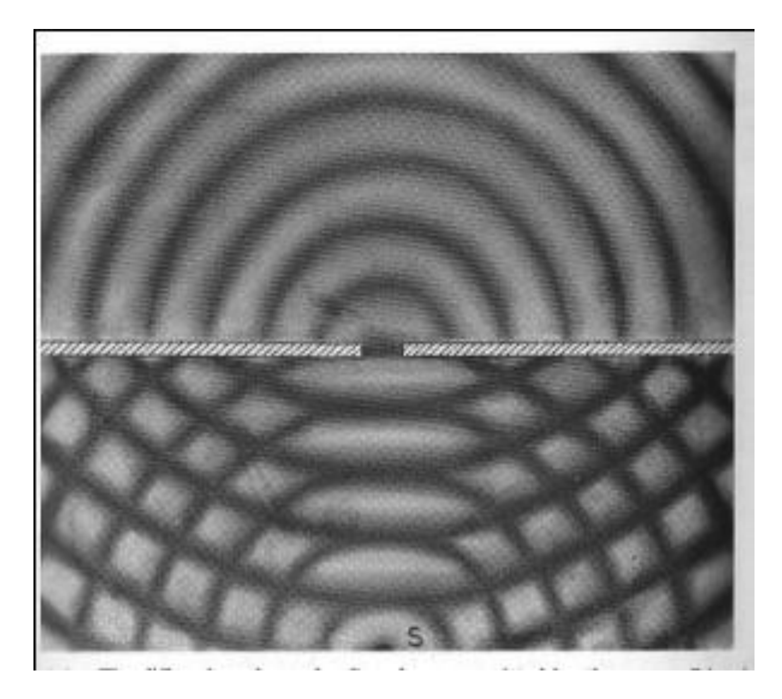
Al igual que la luz, la onda sonora puede ser refractada, difractada, reflejada y absorbida.[27]

La **Refracción** ocurre cuando la onda sonora encuentra el límite entre dos medios de distinta densidad, lo cual hace que cambie su dirección.

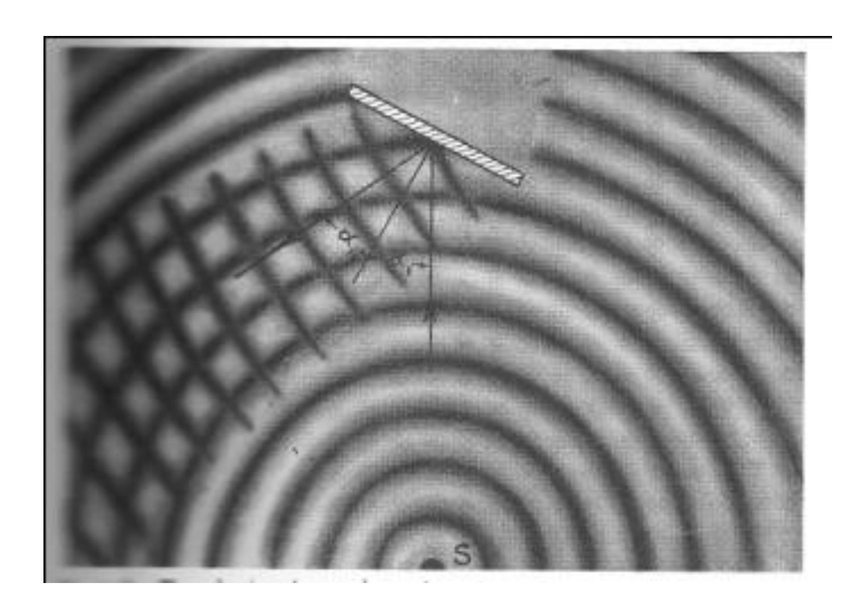


[26]PIERCE, John: Op. Cit. Niveles de ruido aceptable.p.109
[27]OLSON, Harry F.: Op. Cit. p. 14-21

La **Difracción** es el cambio de dirección de la onda sonora debido al pasaje del sonido alrededor de un obstáculo.



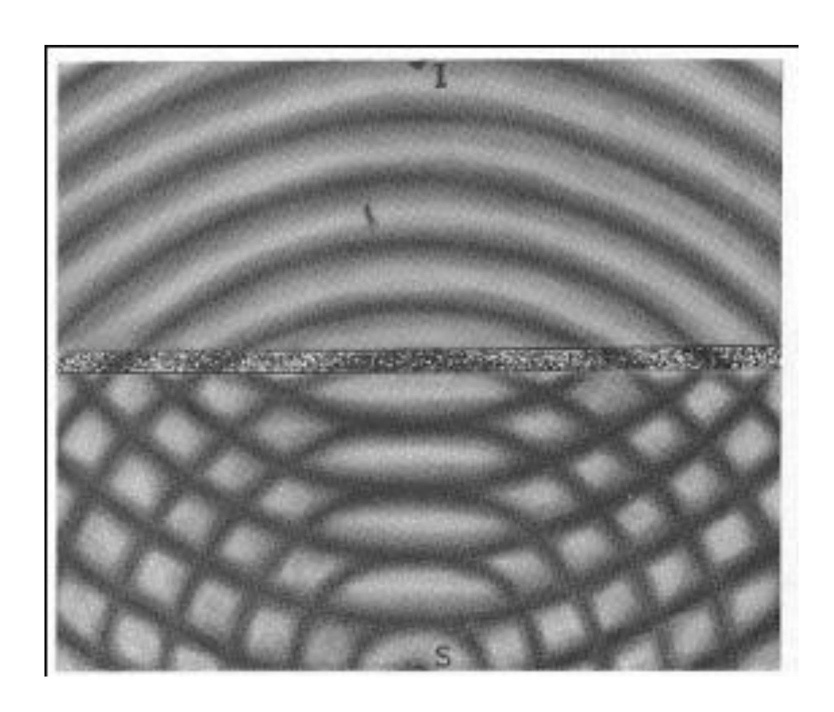
La **Reflexión** de una onda sonora es el cambio de dirección de una onda al encontrar una gran superficie rígida que hace que cambie su dirección en un ángulo opuesto al ángulo de incidencia de la onda original, respecto a la perpendicular de la superficie de reflexión.



La **Absorción** de una onda sonora es el resultado de un proceso en el cual parte o toda la energía de la onda se transforma en otro tipo de energía, generalmente en calor. Cada material absorbe la energía sonora en distinto grado y, además, un mismo material no absorbe uniformemente la energía de ondas de distinta frecuencia.

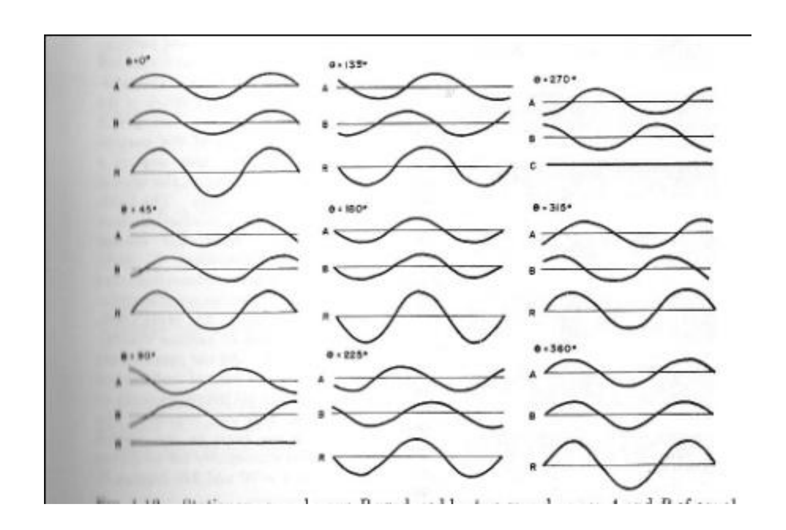
Interferencia, es un fenómeno que sucede cuando se encuentran dos ondas sonoras. Cuando coinciden las mayores presiones, el máximo de presión se suma, cuando coinciden sus menores presiones, el mínimo de presión también se suma, pero cuando coinciden en un punto la presión positiva de una onda con la presión negativa de otra, ambas presiones se restan, y pueden llegar a anularse completamente.

Estos fenómenos suceden siempre en un grado, y se suman los unos a los otros, de manera que en las paredes de un estudio suceden simultáneamente fenómenos de reflexión parcial, absorción parcial y difracción parcial.

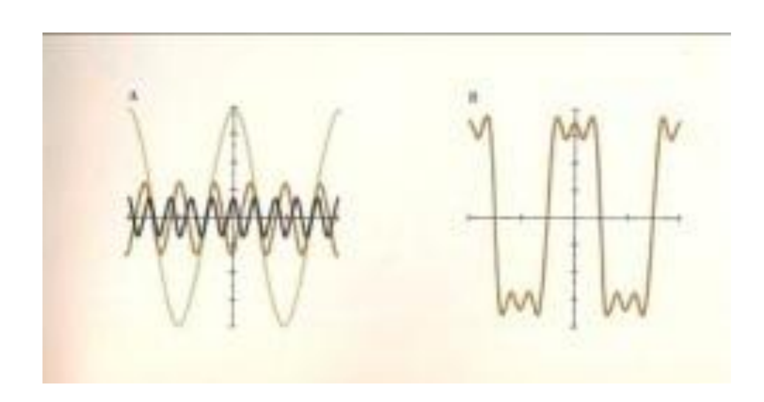


Ondas estacionarias, son las ondas que se desarrollan en un ambiente cerrado y por lo tanto se encuentran físicamente confinadas en su difusión, y los **modos** de ese ambiente son el resultado de la interferencia de dos ondas de igual frecuencia que se mueven en un medio en sentidos opuestos. En ciertos puntos, el resultado de esa interferencia será cero, en otros, el doble de la intensidad. Esto sucede en ciertos puntos de un espacio, cuando la longitud del cuarto es exactamente un múltiplo de la longitud

de la onda, y cuando sus paredes son rectangulares, por lo que ciertas dimensiones y paredes rectangulares pueden ocasionar la presencia de ondas estacionarias en estudios de sonido si no se toma en cuenta esto en el momento del diseño. [28]



La onda sinusoidal descrita al principio corresponde a un tono puro, muy rara vez oído en la naturaleza. La mayoría de los tonos que oímos son tonos compuestos por la suma un número de tonos puros.[29]



Françoise Marie Charles Fourier (1772-1837) demostró que cualquier onda periódica puede expresarse como la suma de ondas sinusoidales simples. Además demostró que las frecuencias de las ondas componentes son todas múltiplos enteros de una única frecuencia.

---

[28] ORIZABAL, Tirso de: *Acústica musical y organología*. Editorial Ricordi, Buenos Aires, 1954. P. 33

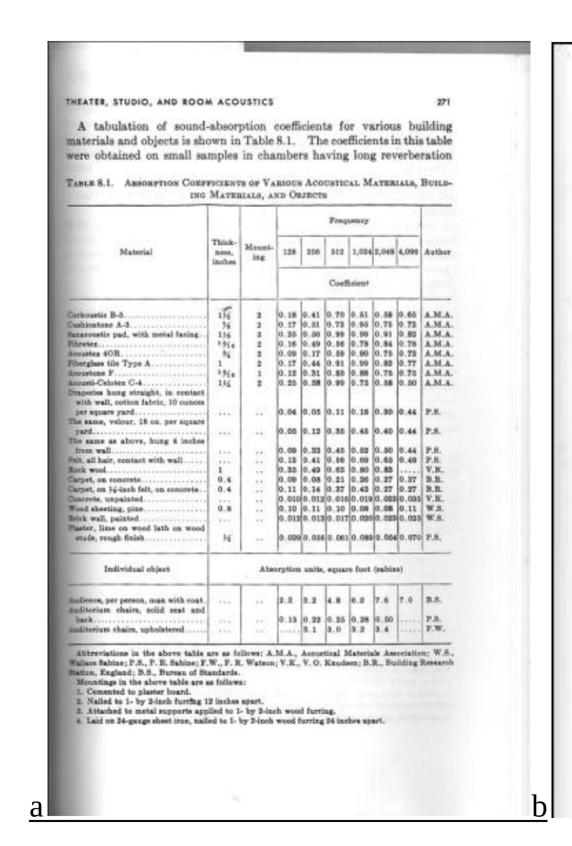
[29] PIERCE, John: Op. Cit.p.42-43

Reverberación

Cuando una fuente de sonido opera en un cuarto hay dos fuentes de densidad proveniente de la energía sonora que llegan al punto de audición o control: llamados el sonido directo y el sonido reflejado. [30] El sonido reverberante resulta de la suma del sonido directo (el sonido producido por la fuente sonora) más la suma de las reflexiones en las paredes. [31]

El sonido aumenta desde el valor del sonido directo, hasta el valor del sonido directo mas el valor de todas las reflexiones, las cuales van siendo cada vez menores, debido a la absorción de presión sonora por parte de las paredes. Dicha absorción depende del coeficiente de absorción, y es distinto para cada material. La suma del sonido directo más el sonido de todas las reflexiones de dicho sonido en las paredes en un espacio reverberante aumenta siguiendo una curva ascendente, hasta llegar a un máximo. Una vez detenida la fuente de sonido, el sonido reverberante persiste durante un tiempo, producto de la reflexión del sonido en las paredes, las cuales paulatinamente van absorbiendo la presión sonora, hasta que el sonido desaparece. [32]

[30]OLSON, Harry F.: Op. Cit. p.273
[31]OLSON, Harry F.: Ibidem p. 270
[32]OLSON, Harry F.: Op. Cit. p.267 Dispersion of sound A. Sound absorption and Reverberation. When a source of sound is started in a room, the energy does not build up instantly, owing to the finite velocity of propagation of a sound wave. Each pencil of sound sent out by the source is reflected may times from the partially absorbing walls of the room before I is ultimately dissipated.



THEATER, STUDIO, AND ROOM ACOUSTICS 271

A tabulation of sound-absorption coefficients for various building materials and objects is shown in Table 8.1. The coefficients in this table were obtained on small samples in chambers having long reverberation

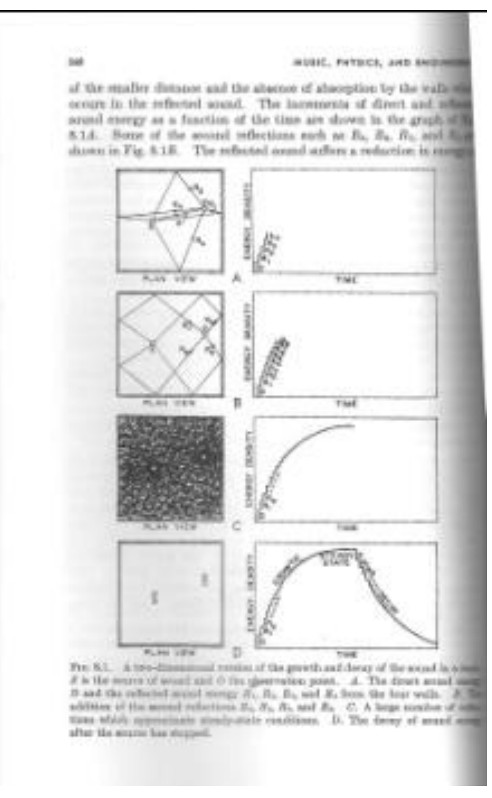
TABLE 8.1. ABSORPTION COEFFICIENTS OF VARIOUS ACOUSTICAL MATERIALS, BUILDING MATERIALS, AND OBJECTS

Material	Thickness, inches	Mounting	128	256	512	1,024	2,048	4,096	Author
			Coefficient						
Corkoustic B-5	1¼	2	0.18	0.41	0.70	0.51	0.58	0.65	A.M.A.
Cushiontone A-3	½	2	0.17	0.51	0.73	0.95	0.75	0.72	A.M.A.
Sanacoustic pad, with metal facing	1½	3	0.25	0.56	0.99	0.99	0.91	0.82	A.M.A.
Fibretex	13/16	2	0.16	0.49	0.86	0.78	0.84	0.78	A.M.A.
Acoustex 40R	⅝	2	0.09	0.17	0.59	0.90	0.75	0.73	A.M.A.
Fiberglass tile Type A	1	2	0.17	0.44	0.91	0.99	0.82	0.77	A.M.A.
Acoustone F	13/16	1	0.12	0.31	0.85	0.88	0.75	0.75	A.M.A.
Acousti-Celotex C-4	1¼	2	0.25	0.58	0.99	0.75	0.58	0.50	A.M.A.
Draperies hung straight, in contact with wall, cotton fabric, 10 ounces per square yard	...	..	0.04	0.05	0.11	0.18	0.30	0.44	P.S.
The same, velour, 18 oz. per square yard	...	..	0.05	0.12	0.35	0.45	0.40	0.44	P.S.
The same as above, hung 4 inches from wall	...	..	0.09	0.33	0.45	0.52	0.50	0.44	P.S.
Felt, all hair, contact with wall	...	..	0.13	0.41	0.56	0.69	0.65	0.49	P.S.
Rock wool	1	..	0.35	0.49	0.63	0.80	0.83	.....	V.K.
Carpet, on concrete	0.4	..	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37	B.R.
Carpet, on ⅛-inch felt, on concrete	0.4	..	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.27	B.R.
Concrete, unpainted	...	..	0.010	0.012	0.016	0.019	0.023	0.035	V.K.
Wood sheeting, pine	0.8	..	0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11	W.S.
Brick wall, painted	...	..	0.012	0.013	0.017	0.020	0.023	0.025	W.S.
Plaster, lime on wood lath on wood studs, rough finish	½	..	0.039	0.056	0.061	0.089	0.054	0.070	P.S.
Individual object	Absorption units, square foot (sabins)								
Audience, per person, man with coat	...	..	2.3	3.2	4.8	6.2	7.6	7.0	B.S.
Auditorium chairs, solid seat and back	...	..	0.15	0.22	0.25	0.28	0.50	.....	P.S.
Auditorium chairs, upholstered	...	..	.....	3.1	3.0	3.2	3.4	.....	F.W.

Abbreviations in the above table are as follows: A.M.A., Acoustical Materials Association; W.S., Wallace Sabine; P.S., P. E. Sabine; F.W., F. R. Watson; V.K., V. O. Knudsen; B.R., Building Research Station, England; B.S., Bureau of Standards.

Mountings in the above table are as follows:
1. Cemented to plaster board.
2. Nailed to 1- by 2-inch furring 12 inches apart.
3. Attached to metal supports applied to 1- by 2-inch wood furring.
4. Laid on 24-gauge sheet iron, nailed to 1- by 2-inch wood furring 24 inches apart.

a



b

a-Coeficiente de absorción de presión sonora, en relación al material de las superficies
b-Diagrama de reverberación. Difusión del sonido rebotado. Diagrama de intensidad
(Fuente: OLSON, Op. Cit. P.271)

La reverberación de un espacio se determina considerando el tiempo que persiste el sonido reflejado. Inicialmente se definió el tiempo de reverberación de un espacio como el tiempo que toma para que el sonido en un cuarto decaiga un millón de veces, una vez detenida la fuente de sonido. Actualmente se ha asumido como el tiempo necesario para que el sonido en un cuarto decaiga 60dB una vez detenida la fuente de sonido. [33]

El tiempo de reverberación de un espacio se calcula con la fórmula:

$$T = 0{,}05\ V/A$$

donde
T = es el tiempo en segundos,
V = volumen del espacio en pies cúbicos
A = absorción total de las paredes del espacio, expresado en Sabinos. Un Sabin es una unidad de equivalencia de absorción, y es igual a la absorción equivalente de un superficie de un pie cuadrado que absorbe toda la presión sonora que incide en él.

[33]OLSON, Harry F.:Op. Cit. p.270

Posteriormente, C. F. Eyring desarrolló una mejor aproximación al cálculo del tiempo de reverberación de un cuarto, especialmente cuando se trata de espacios grandes, o de un alto nivel de absorción.

$$T= 0{,}05\, V/ -S \,Log_{\varepsilon}\,(1-a_{av})$$

donde
T= Tiempo de reverberación.
V=Volumen del espacio, expresado en pies cúbicos.
S= Area total de los límites del espacio, expresado en pies cuadrados.
a_{av}=Absorción promedio de las paredes por pie cuadrado, expresado en sabinos
otra expresión equivalente de esta fórmula es la que enunció Sabin[34]

$$T=13{,}8L/va$$

donde
v= velocidad del sonido
a= coeficiente de absorción
L= longitud promedio del movimiento del sonido entre una pared y otra

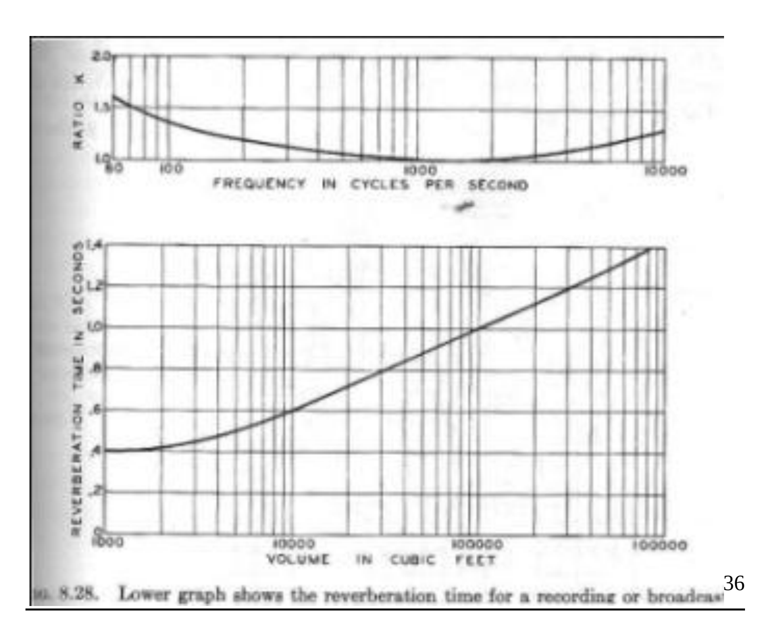
Esta fórmula presenta fallas, pues para absorción total a=1, el tiempo de reverberación es finito.

Luego fue revisada por K. Schuster y E. Waetzmann, y luego Carl. F. Eyring, quienes propusieron:

$$T=-13{,}8(L/v)/\ln(1-a)$$

En ambas expresiones del cálculo del tiempo de reverberación podemos observar que la reverberación de un espacio está en proporción directa con su volumen (o con la distancia promedio de cada reflexión sonora, lo que a su vez está directamente relacionado con el volumen) , y en proporción inversa al coeficiente de absorción de sus paredes. Es decir, a mayor volumen, mayor reverberación, a mayor coeficiente de absorción de las paredes, menor reverberación. [35]

[34] PIERCE, John: Op. Cit.
[35]OLSON, Harry F.:Op. Cit. pp. 274-275



[36]

Relación entre el volumen de un espacio de grabación y su reverberación aceptable
(Fuente: OLSON, Harry F.: Op. Cit. p 307)

La reverberación tiene muchas consecuencias. Esencialmente

> …ocasiona un solapamiento de un sonido sobre el siguiente. Cuando el tiempo de reverberación se hace suficientemente largo, puede suceder que un discurso hablado resulte ininteligible. Por otra parte, la reverberación en unos valores óptimos en la música es deseable, porque la prolongación y la mezcla de tonos musicales produce una sensación placentera.[37]

Es decir, produce resultados indeseables cuando los sonidos que percibimos deben ser claramente reconocidos uno a uno, pero favorece la sensación de conjunto cuando oímos otro tipo de sonido, como la música. Esto tiene relación con lo que Walter Murch[38] explica en su ley del 2 1/2, es decir, que podemos percibir y reconocer con claridad dos sonidos, pero no tres, si ellos se encuentran en al mismo nivel de codificación. Un sonido altamente codificado es un sonido con un significado preciso y protagonista, como la palabra o la melodía. Un sonido menos codificado es un sonido con menor grado de precisión en su significado o protagonismo, como el rumor de una multitud, la armonía de los acordes. Menos codificados son sonidos más difusos, como el sonido del mar a lo lejos, el viento, o el rumor de una ciudad. Podemos entender lo que dicen dos personas que hablan a la vez, pero la reverberación convierte a un solo orador en muchos, superpuestos entre sí. Murch recomienda no mezclar - hablando de la mezcla del sonido de una película - más de dos sonidos de un mismo nivel de codificación. Y es que ciertos sonidos -como un discurso, la lectura de un poema, una conferencia o

[36]OLSON, Harry F.:Op. Cit. p 307
[37]OLSON, Harry F.: Ibidem p. 273
[38] MURCH Walter: *Densidad Clara, Claridad Densa.* http://filmsound.org/murch/claridad.htm Consulta Junio 2011

cierto tipo de música- han sido concebidos para ser escuchados con una distinción exacta de cada sonido, mientras otros - como la música coral, o cierta música sinfónica, o la música para órgano - al contrario, necesitan de un espacio que haga de caja de resonancia reverberante para que el sonido adquiera las dimensiones para las cuales fue concebido.

Podemos suponer que cada compositor asumió que su música sonaría como la oía él mismo: interpretada por los intérpretes e instrumentos que conocía, en los espacios donde dicha música usualmente se tocaba. Así podemos asumir, sin arriesgarnos demasiado, que cada música está relacionada con la sonoridad - y la reverberación - de los espacios de su época, así como con el tamaño de los espacios - y la reverberación que resulta de este tamaño - requeridos para los conjuntos de instrumentos de cada época. El canto gregoriano, la música polifónica eclesiástica - Monteverdi, Palestrina - y la música coral y para órgano de J. S. Bach fueron interpretadas por siglos en el interior de iglesias de piedra y ladrillo - espacios grandes con una gran reverberación. Mozart, en cambio, interpretó su música en salones - la música de cámara. Espacios alfombrados, recubiertos de tapices, con muy poca reverberación. Las orquestas y los teatros de su época eran pequeños, el volumen de dichos espacios mucho menor a las salas de concierto actuales. Durante el siglo XIX la orquesta comenzó hacerse cada vez más grande, y lo mismo hicieron los teatros, hasta llegar a las grandes salas como la de la Opera de Paris, aunque ni siquiera ésta podría haber albergado a la soñada orquesta de Berlioz de 467 ejecutantes y 360 coristas[39]. Con el aumento progresivo del tamaño de las orquestas y las salas en donde estas tocaron, aumentó el volumen de las mismas, y por ende, la reverberación, que está en función del volumen. Es razonable suponer, que en la medida que nos adentramos en el siglo XIX, la música sinfónica requirió cada vez una mayor reverberación, lo que de alguna manera fue asumido por los compositores. Si deseamos acercarnos a la atmósfera sonora de cada época, a la de los espacios en los que dicha música sonó originalmente y para los cuales fue compuesta, es posible que deseemos poder modificar la acústica de una sala - o de un estudio de grabación - para ajustar su reverberación a cada tipo de música. Si logramos esto, tendremos lo que se denomina una sala o un estudio "acústicamente afinable"

[39] BERLIOZ, Hector: *Traité dínstrumentation et dórchestation*. Edicion Henry Lamoine, Paris, p. 295. Edición fascimilar de la original.

MUSIC, PHYSICS, AND

TABLE 8.2. EFFECTIVE REVERBERATION

Type of Music	Time in Seconds
Organ	2 to 5
Band	2 to 3
Symphony	1.5 to 2
Chorus	1 to 2
Opera	.7 to 1
Popular Orchestra	.5 to 1

[40]

Tiempos de reverberación deseables para cada tipo de música
(Fuente: OLSON, Op. Cit. p. 282)

La reverberación de un estudio (o de una sala de conciertos) puede cambiarse mediante el uso de paneles absorbentes móviles o desmontables,que harán más o menos reverberante el ambiente al añadir o quitar estas superficies. Esto se ha hecho cada vez más común, y es lo que se considera deseable en la actualidad. El Aula Magna (VILLANUEVA, C.R. 1952), así como las Salas Ríos Reyna y José Félix Ribas (LUGO MARCANO Tomás, SANDOVAL, Jesús y KUNCKEL Dietrich,1982) son salas de reverberación fija. Pero la sala del Centro de Acción Social por la Música, (LUGO, Tomás, 2009) es *afinable*, en su reverberación, es decir, es de acústica variable. Se puede generar reverberación artificial, con el uso de microfonía en una cámara de reverberación, que es un cuarto cerrado en donde se produce reverberación, mediante el uso de un altavoz y un micrófono colocados a distancias que pueden ser variadas según el caso.

También se puede generar reverberación artificial por medios electrónicos modificando la señal eléctrica original y haciéndola pasar por un circuido dotado de procesadores capaces generar retardos progresivos que realimentan esa señal original.[41] Si se trata de un estudio de grabación de sonido de cine, esto tiene aún mayores implicaciones. Una mayor reverberación (un mayor tiempo de reverberación) está codificada en nuestra experiencia como la característica de un espacio grande y con paredes duras como la piedra o el cemento. Una menor reverberación la asociamos con espacios más pequeños, o con espacios con paredes blandas, como aquellas que estén recubiertas con cortinas o tapices, con alfombras o muy amuebladas. Una ausencia de reverberación la asociamos con un espacio abierto, en el campo, donde ninguna pared nos refleja el sonido directo. Si grabamos sonido para un

[40] OLSON, Harry F.: Op. Cit. p. 282 Tiempo efectivo de reverberación
[41]OLSON, Harry F.: Ibidemp 318

película querremos, en primera instancia, una consecuencia entre lo que estamos viendo y lo que estamos oyendo. Más aún, si el sonido es usado, como en la mayoría de los casos cuando se usan los canales envolventes del sistema Dolby, como eco o reverberación espacial de los sonidos diegéticos, es decir, aquellos cuya fuente es vista en la escena. En este sentido, los canales envolventes están siendo usados para producir una percepción ilusoria del espacio que no está siendo enteramente visto en un determinado encuadre. Al modificar la reverberación de un sonido, modificaremos la asociación espacial que su reverberación inicial tiene. Podemos inducir al escucha a percibir que el espacio en el cual se produce un sonido es más grande o de una textura de paredes diferente a la que realmente tiene, modificando artificialmente el tiempo de reverberación y el timbre de dicho sonido.

Pero pese a los estudios y avances en el conocimiento de la acústica, el cálculo exacto del tiempo y de las características espectrales de la reverberación sigue siendo el problema fundamental en el diseño acústico de espacios cuya finalidad es la audición o el trabajo sobre el sonido, [42] tanto que en muchos casos se hacen maquetas sonoras para anticipar o simular lasconsecuencias del diseño propuesto, modelos a escala donde las frecuencias que se usan son un múltiplo proporcional a la escala de la maqueta. Los adelantos en esta disciplina se han producida, a veces, a costa de significativos fracasos. Uno de ellos fue el del Phylarmonic Hall del Lincoln Center, N.Y. (Bolt, Beranek y Newman, 1962).

> En Julio de 1962 Beranek escribió en el prefacio de su libro Music, Acoustics and ArchitecturalDesign: "El punto culminante de este libro es la descripción de las precauciones tomadas en la planificación del Philarmonic Hall del Lincoln Center. La señora Suerte ha sido sustituida, por fin, por un análisis cuidadoso y la aplicación minuciosa de principios acústicos nuevos pero sólidamente basados[43]

Estas palabras demasiado confiadas preconizaron un costoso fiasco. La sala poseía una reverberación indeseable, anulaba las frecuencias bajas, y tenía muchos lugares muertos. Muchos de los aspectos que hoy se conocen fueron ignorados, lo que nos da a todos una lección de humildad. Esta sala tuvo que ser rediseñada enteramente por Cyril Harris, de la Universidad de Columbia, y se reinauguró años más tarde como la Avery Fisher Hall.

Los proyectos descritos en el presente trabajo son principalmente estudios de sonido, el primero uno pequeño de reverberación fija y el segundo, algo mayor, "afinable", de reverberación variable. El primero, por sus dimensiones, no podía ser sino de reverberación fija y la preocupación máxima durante

[42] PIERCE, John Op. Cit. p.146
[43] PIERCE, John: Ibidem p.146

el diseño fue la obtención de un espacio neutro, con un nivel de absorción óptimo de acuerdo con sus dimensiones, que permitiese la grabación de pequeños grupos, musicales, así como la grabación de locución, doblaje, y de efectos post sincrónicos de sonido de cine (*Foley*). El segundo, sin embargo, puesto que pretende ser un estudio de uso múltiple - mezcla 5.1, grabación de sonido, grabación de cine, así como grabación de efectos post sincrónicos de sonido (*Foley*)- necesitaba tener una característica variable en su reverberación, para poder así satisfacer necesidades tan diversas. Fue ahí donde el diseño acústico resultó más interesante. La reverberación variable o "afinación" del espacio se pretende lograr con un método sencillo y, esperamos, eficaz. Buena parte de las paredes del estudio están compuestas por paneles llamados en el presente trabajo "Tipo A", que consisten en "puertas", superficies de madera basculante, recubiertas por un lado de un material de espuma de polietileno (*Sonex*) que resulta altamente absorbente. Cuando las superficies están colocadas de manera que ofrecen su lado brillante al espacio del estudio, el estudio será más "brillante", es decir, tendrá mayor reverberación. En la medida que se vayan volteando estas superficies, y se ofrezca al espacio la cara con *Sonex*, el estudio se tornará más opaco, es decir, tendrá menor reverberación. La combinación de puertas abiertas y cerradas, o parcialmente abiertas y cerradas ofrecerá variaciones en la característica acústica del espacio que, esperamos, resultará de gran utilidad a los ingenieros de sonido. Más que objetos arquitectónicos, entonces, los estudios son instrumentos de sonido que deben servir, sobre todo, a sus fines de producción de grabación y producción de bandas sonoras. Pero inevitablemente son también objetos arquitectónicos. En este caso nos tocará parafrasear a Kahn quizás con algo de irreverencia y afirmar que, al menos aquí, la arquitectura no será luz sino la tenue penumbra de una sala de mezcla de sonido de cine o de un estudio de grabación, y mucho menos silencio pues, en el mejor de los casos- o en el peor, como se quiera- habrá solo ruido, mucho ruido.